

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**Beschreibung**

Verfahren zum Koppeln eines oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelements mit einer optischen Faser

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Koppeln eines oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelements mit einer optischen Faser, auf eine Anordnung zur Durchführung dieses Verfahrens sowie auf opto-elektronische Module mit einem oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelement und einer optischen Faser.

10

**Stand der Technik:**

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 101 43 781 A1 sowie 15 aus der dazu parallelen US-Patentanmeldung 2003/0053764 A1 ist ein Verfahren zum Koppeln eines oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelements mit einer optischen Faser bekannt. Bei diesem Verfahren wird auf dem opto-elektronischen Bauelement zunächst eine vorstehende Struktur gebildet, die rotationssymmetrisch zu der optisch aktiven Zone des opto-elektronischen Bauelements angeordnet wird. Die Stirnfläche der Faser und/oder die vorstehende Struktur des Bauelementes werden anschließend mit einem transparenten Kleber benetzt. Nachfolgend wird das opto-elektronische 20 Bauelement auf die Stirnfläche der zum Bauelement senkrecht ausgerichteten Faser aufgesetzt und dann „freigelassen“, so dass es von jeglichen äußeren Haltekörpern bzw. Haltekräften getrennt wird. Das Bauelement ist somit mittels des transparenten Klebers schwimmend auf der Stirnfläche der 25 Faser angeordnet und wird durch den Kleber getragen, wodurch das Bauelement senkrecht zur Rotationsachse der optischen Faser verschieblich ist. Das i. a. relativ leichte Bauelement bewegt sich nun unter der Wirkung der Oberflächenspannung des Klebers relativ zu der Stirnfläche der Faser und positioniert 30 sich dabei mittig zur Achse der Faser. Unter dem Einfluss der Oberflächenspannung bilden die Oberflächen des Klebers Minimalflächen, wobei das Bauelement und dessen 35

rotationssymmetrisch ausgebildete, vorstehende Struktur automatisch zur Fasermitte zentriert werden. Da sich das Bauelement bei dem vorbekannten Verfahren frei bewegen können muss, ist eine Befestigung und Kontaktierung des Bauelements 5 in einem Gehäuse vor der Justage zur Faser nicht möglich.

Aufgabe der Erfindung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Koppeln eines oberflächenorientierten opto-elektronischen 10 Bauelements mit einer optischen Faser anzugeben. Bei dem Verfahren soll eine optimale Justage zwischen der Faser und dem Bauelement in besonders einfacher Weise erreicht werden. Das Verfahren soll es insbesondere ermöglichen, das Bauelement zunächst in einem Gehäuse zu befestigen und ggf. 15 zu kontaktieren und erst anschließend die Justage der Faser durchzuführen.

Eine automatische Justage zwischen Faser und Bauelement wird nachfolgend kurz als „Selbstzentrierung“ bezeichnet.

20

Zusammenfassung der Erfindung:

Zur Lösung der genannten Aufgabe ist erfindungsgemäß ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 vorgesehen. Vorteilhafte Ausgestaltungen des 25 erfindungsgemäßigen Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Faser an einem in einem vorgegebenen Abstand zur Stirnfläche 30 angeordneten Haltepunkt derart gehalten wird, dass die Stirnfläche der Faser eine Schwenkbewegung um den Haltepunkt vollführen kann. Anschließend werden im Rahmen einer Grobjustage die Stirnfläche der Faser und das Bauelement einander derart angenähert, dass eine Feinjustage zwischen 35 der optisch aktiven Zone des Bauelements und der Stirnfläche der Faser im Rahmen einer selbsttätigen „Selbstzentrierung“ durch Schwenken der Faser um den Haltepunkt erfolgt.

- Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass das opto-elektronische Bauelement vor der Grob- und Feinjustage bereits in einem Gehäuse fixiert werden kann, da die Feinjustage zwischen der Faser und dem Bauelement allein durch Schwenken der Faser um den Haltepunkt erfolgen kann. Eine Bewegung des opto-elektronischen Bauelements zwecks Justage ist zwar möglich, aber nicht zwingend erforderlich.
- Besonders einfach und damit vorteilhaft lässt sich eine selbsttätige Selbstzentrierung durchführen, wenn das Bauelement eine vorstehende Struktur aufweist, die rotationssymmetrisch zu der optisch aktiven Zone des opto-elektronischen Bauelements angeordnet ist. In einem solchen Fall wird die Stirnfläche der Faser und/oder die vorstehende Struktur des Bauelements mit einem transparenten Kleber benetzt, und anschließend werden das Bauelement und die Faser einander angenähert. Dabei breitet sich der Kleber zwischen der Stirnfläche der Faser und der vorstehenden Struktur aus, wodurch die Selbstzentrierung der Faser durch Schwenken um den Haltepunkt hervorgerufen wird. Bezuglich des Vorgangs der „Selbstzentrierung“ sei beispielhaft auf die deutsche Offenlegungsschrift DE 101 43 781 A1 sowie auf die dazu parallele US-Patentanmeldung 2003/0053764 A1 verwiesen.

Um zu vermeiden, dass nach einem erfolgtem Selbstzentrieren der Faser relativ zum Bauelement ein Verrutschen bzw. Dezentrieren der Faser erfolgen kann, wird gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens nach dem Selbstzentrieren eine Aushärtung des Klebers herbeigeführt, wodurch eine Fixierung der zentrierten Anordnung der Faser erreicht wird. Das Aushärten des Klebers kann beispielsweise durch Bestrahlen des Klebers mit UV-Strahlen erfolgen, wenn es sich um einen UV-härtbaren Kleber handelt.

Besonders einfach und damit vorteilhaft lässt sich eine

Montage des opto-elektronischen Bauelements in einem Gehäuse durchführen, wenn die Montage des Bauelements vor dem Anbringen der optischen Faser erfolgt. Es wird daher als vorteilhaft angesehen, wenn das Bauelement in einem Gehäuse 5 befestigt wird und erst anschließend die Grobjustage der Faser relativ zu dem bereits im Gehäuse befestigten Bauelement erfolgt.

Vorzugsweise wird das Bauelement nach dem Befestigen im 10 Gehäuse kontaktiert; die Grobjustage der Stirnfläche der Faser wird dann relativ zu dem im Gehäuse befestigten und bereits kontaktierten Bauelement durchgeführt.

Um zu vermeiden, dass die am opto-elektronischen Bauelement 15 fixierte Faser abreißt kann, wird vorzugsweise eine Zugentlastungseinrichtung an dem Gehäuse und an der Faser angebracht. Die Zugentlastungseinrichtung wird beispielsweise durch eine Ferule gebildet, die am Gehäuse und an der Faser befestigt, beispielsweise festgeklebt wird.

20 Die Ferule kann auf die Faser bereits vor der Grobjustage aufgeschoben werden. In einem solchen Fall wird die Ferule vorzugsweise in einen solchen Bereich der Faser geschoben, der außerhalb des durch die Stirnfläche der Faser und den 25 Haltepunkt begrenzten Schwenkbereichs der Faser liegt; dadurch wird erreicht, dass die Faser im Rahmen der Feinjustage ungestört um den Haltepunkt schwenken kann. Alternativ kann die Ferule auch den Haltepunkt bilden, um den die Faser schwenkt.

30 Alternativ kann die Ferule an dem zur selbstjustierenden Stirnseite der Faser abgewandten Ende der Faser auf diese aufgeschoben werden; dies erfolgt dann bevorzugt, nachdem die Selbstzentrierung der Faser relativ zum Bauelement 35 durchgeführt und die Faser am Bauelement fixiert worden ist.

Nach dem Fixieren der Faser am Bauelement wird vorzugsweise

an dem der Stirnfläche abgewandten Ende der Faser eine Koppeleinrichtung angebracht oder gebildet, mit der sich die Faser an weitere optische Komponenten bzw. Bauelemente anschließen lässt. Die Koppeleinrichtung kann beispielsweise

5 durch ein Recepticle - bzw. einen Stecker oder eine Buchse - oder ein Faser-Pigtail gebildet sein.

Zum Befestigen des opto-elektronischen Bauelements im Gehäuse weist dieses vorzugsweise einen Träger auf, in dem ein

10 Durchgangsloch gebildet ist. Das Bauelement wird auf einer Seite dieses Trägers derart befestigt, dass die optisch aktive Zone des Bauelements dem Durchgangsloch zugewandt ist. Die Faser wird durch das Durchgangsloch hindurchgeführt, und anschließend erfolgt die Grobjustage der Faser relativ zum

15 Bauelement.

Unter dem Begriff „aktive Zone“ des Bauelements wird nachfolgend das Ein- und/oder Auskoppelfenster bzw. die Ein- und/oder Auskoppelfläche zum Ein- bzw. Auskoppeln des Lichts verstanden. Falls es sich bei dem Bauelement um ein

20 Empfangselement (z. B. Fotodiode) handelt, so bezeichnet die aktive Zone also das Einkoppelfenster bzw. die Einkoppelfläche (Einkoppel-Außenseite) des Bauelements zum Einkoppeln von Licht; falls es sich bei dem Bauelement um ein

25 Sendeelement (z. B. Laser, Leuchtdiode) handelt, so bezeichnet die „aktive Zone“ das Auskoppelfenster bzw. die Auskoppelfläche (Auskoppel-Außenseite) des Bauelements zum Auskoppeln von Licht.

30 Die elektrischen Anschlüsse des Bauelements werden bevorzugt mit auf dem Träger vorhandenen Leiterbahnen elektrisch verbunden. Dabei liegen die elektrischen Anschlüsse des Bauelements vorzugsweise im Bereich des Durchgangslochs der Trägers, wobei die Leiterbahnen in den Bereich des

35 Durchgangslochs hineinragen. Die Leiterbahnen bilden eine Art mechanische Aufhängung, an der das Bauelement im Bereich des Durchgangslochs gehalten wird. Aufgrund der mechanischen

Aufhängung wird eine gewisse mechanische Flexibilität des opto-elektronischen Bauelements relativ zum Träger erreicht, so dass das Bauelement senkrecht zum Träger geringfügig beweglich bzw. flexibel gelagert ist. Somit ist

- 5 beispielsweise ein gewisser Ausgleich mechanischer Spannungen aufgrund thermischer Effekte bzw. thermischer Materialausdehnungen möglich.

Im Übrigen wird der Durchmesser der rotationssymmetrischen, 10 vorstehenden Struktur vorzugsweise genauso groß wie der Durchmesser der Faser gewählt, um eine optimale Feinjustage zwischen der Stirnfläche der Faser und der optisch aktiven Zone des Bauelements zu erreichen.

- 15 Um sicherzustellen, dass die Lage der vorstehenden Struktur relativ zur Lage der optisch aktiven Zone optimal ist und keinen unerwünschten Versatz aufweist, wird die Lage der vorstehenden Struktur und die Lage der optisch aktiven Zone des Bauelements im Rahmen ein und desselben  
20 Lithographieschritts festgelegt.

Bei dem oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelement kann es sich beispielsweise um eine VCSEL-Laserdiode, eine LED- oder eine Photodiode handeln.

- 25 Darüber hinaus wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die optische Faser in der oben beschriebenen Weise mit beiden Enden an opto-elektronische Bauelemente angeschlossen wird. Dies bedeutet, dass ein weiteres Bauelement mit dem anderen  
30 Ende der Faser verbunden wird. In dieser Weise lässt sich eine „steckerfreie“ Verbindung zwischen zwei opto-elektronischen Bauelementen erreichen. Beispielsweise kann - insbesondere für kurze optische Links - eine Transmitter- und Receivereinheit gebildet werden, die ohne zwei  
35 kostenintensive optische Steckerverbindungen auskommt, da die Anbindung der Faser an die beiden Bauelemente im Rahmen einer Selbstzentrierung der Faser mit anschließender Fixierung

erfolgt.

Die Erfindung bezieht sich darüber hinaus auf eine Vorrichtung zum Koppeln eines oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelements mit einer optischen Faser. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine Grundplatte zum Halten des Bauelements und ein in einem vorgegebenen Abstand zur Grundplatte angeordnetes Halteelement auf. Das Halteelement dient zum Halten der Faser und ermöglicht eine schwenkbare Bewegung der Faser in einem durch die Stirnfläche der Faser und den Haltepunkt begrenzten Schwenkbereich der Faser über der Grundplatte.

Mit der beschriebenen Vorrichtung lässt sich das eingangs beschriebene erfindungsgemäße Verfahren durchführen. Bezuglich der Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird deshalb auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen.

Als Erfindung wird darüber hinaus ein opto-elektronisches Modul mit einem oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelement, mit einer optischen Faser und mit einem Gehäuse angesehen. Das Gehäuse weist einen Träger mit einem Durchgangloch auf. Das Bauelement ist auf einer Seite des Trägers derart befestigt, dass die aktive Zone des Bauelements dem Durchgangsloch zugewandt ist. Die Faser ist durch das Durchgangsloch hindurchgeführt und das Bauelement und die Faser sind gekoppelt. Die elektrischen Anschlüsse des Bauelements sind mit auf dem Träger des Gehäuses vorhandenen Leiterbahnen elektrisch verbunden. Die elektrischen Anschlüsse des Bauelements liegen im Bereich des Durchgangslochs, und die Leiterbahnen ragen in den Bereich des Durchgangslochs hinein. Die Leiterbahnen stehen zum Zwecke der Kontaktierung also über den Rand des Durchgangslochs hinaus und bilden eine „frei schwebende“ Aufhängung für das Bauelement.

Bezüglich der Vorteile des beschriebenen opto-elektronischen Moduls wird auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen.

5 Ausführungsbeispiele

Zur Erläuterung der Erfindung zeigen:

- Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes opto-elektronisches Modul,  
10 das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt worden ist,
- Figur 2 ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen  
15 Verfahrens und zum Herstellen des Moduls gemäß Figur 1,
- Figuren 3 bis 6 schematisch beispielhaft ein Verfahren zum  
Herstellen eines zweiten  
20 Ausführungsbeispiels für ein  
erfindungsgemäßes opto-elektronisches Modul,
- Figur 7 ein drittes Ausführungsbeispiel für ein  
erfindungsgemäßes opto-elektronisches Modul  
25 und
- Figur 8 ein vierter Ausführungsbeispiel für ein  
erfindungsgemäßes opto-elektronisches Modul.
- 30 Für identische bzw. vergleichbare Komponenten werden in den Figuren 1 bis 8 zum besseren Verständnis dieselben Bezugszeichen verwendet.
- In der Figur 1 erkennt man ein opto-elektronisches Modul 10.  
35 Das Modul 10 weist ein oberflächenorientiertes opto-elektronisches Bauelement 20 auf, das auf einer Oberseite 30 eines Substrats 40 angeordnet ist. Eine aktive Zone 50 des

opto-elektronischen Bauelemente 20 ist einer Stirnseite 60 einer optischen Faser 70 (z. B. Glasfaser oder Polymerfaser) zugewandt.

- 5 Das opto-elektronische Bauelement 20 wird von einer rotationssymmetrischen, vorstehenden Struktur 80 umgeben. Die rotationssymmetrische Struktur 80 steht gegenüber der Oberseite 30 des Substrats 40 hervor und kann beispielsweise das Bauelement 20 überragen. Alternativ kann die
- 10 rotationssymmetrische Struktur 80 etwa die gleiche Höhe wie das Bauelement 20 aufweisen.

In der Figur 1 lässt sich darüber hinaus erkennen, dass das Bauelement 20 mit Kontakten 90 und 100 eines in der Figur 1 nicht weiter dargestellten Gehäuses des Moduls 10 verbunden ist. Die beiden Kontakten 90 und 100 dienen zum elektrischen Kontaktieren bzw. zum elektrischen Anschluss des Bauelements 20.

- 20 Die optische Faser 70 ist an einem Haltepunkt 110 über dem Bauelement 20 schwenkbar gehalten. Der Haltepunkt 110 weist einen vorgegebenen Abstand A von der Stirnseite 60 der Faser 70 auf, so dass die Stirnseite 60 der Faser 70 eine Schwenkbewegung entlang der Pfeilrichtung P durchführen kann.
- 25 Durch ein Schwenken entlang der Schwenkrichtung P lässt sich somit die Stirnseite 60 der Faser 70 relativ zur aktiven Zone 50 des opto-elektronischen Bauelements 20 ausrichten. Der durch den Haltepunkt 110 und die Stirnseite 60 begrenzte Schwenkbereich der Faser 70 trägt in der Figur 1 das
- 30 Bezugszeichen SB.

Die Justage der Stirnseite 60 der Faser 70 soll nun im Detail erläutert werden: Zunächst wird in die rotationssymmetrische, vorstehende Struktur 80 ein Kleber 200 eingeführt, so dass die aktive Zone 50 des Bauelements 20 benetzt wird. Alternativ oder zusätzlich kann auch die Stirnseite 60 der Faser 70 mit dem Kleber 200 benetzt werden.

Anschließend wird die Stirnseite 60 der Faser 70 relativ zu dem Bauelement 20 grob vorjustiert. Diese Grobjustage erfolgt derart, dass der Haltepunkt 110 und damit die Faser 70 an das  
5 Bauelement 20 angenähert werden.

Sobald die Stirnseite 60 der Faser 70 und die aktive Zone 50 des Bauelements 20 mit dem Kleber 200 in Kontakt treten, kommt es aufgrund der Oberflächenspannung des Klebers 200 zu  
10 einem selbsttätigen Zentrieren der Stirnfläche 60 relativ zum Bauelement 20. Die Feinjustage erfolgt somit im Gegensatz zur Grobjustage von ganz allein, ohne dass es einer gezielten Einflussnahme von außen bedarf. Dieser Effekt des „Selbstzentrierens“ ist in der deutschen Offenlegungsschrift  
15 DE 101 43 781 A1 sowie in der dazu parallelen US-Patentanmeldung 2003/0053764 A1 beschrieben.

Die Justagegenauigkeit, mit der die Stirnseite der Faser 60 relativ zu dem Bauelement 20 ausgerichtet wird, hängt ganz  
20 wesentlich von der Anordnung der rotationssymmetrischen vorstehenden Struktur 80 ab. Um zu gewährleisten, dass die Stirnseite 60 der Faser 70 zentrisch, also mit dem Faserkern 210 der Faser 70 exakt über der aktiven Zone 50 des Bauelements 20 ausgerichtet wird, muss die vorstehende  
25 Struktur 80 relativ zum Bauelement 20 zentriert sein. Um zu vermeiden, dass es eine unerwünschte Lageabweichung zwischen der vorstehenden Struktur 80 und dem Bauelement 20 geben kann, werden das Bauelement 20 sowie die  
rotationssymmetrische vorstehende Struktur 80 in ein und  
30 demselben Lithographiegeschritt auf dem Substrat 40 hergestellt.

In der Figur 1 lässt sich außerdem eine Ferule 220 erkennen, die auf die optische Faser 70 aufgesteckt ist. Die Ferule 220  
35 ist sowohl mit der Faser 70 als auch mit den beiden Kontakten 90 und 100 des Moduls 10 verklebt, so dass die Ferule eine Zugentlastungseinrichtung bildet.

Um thermische Probleme, insbesondere mechanische Verspannungen aufgrund von Temperaturänderungen, zu vermeiden, sollte zum Verkleben der Ferule 220 mit der Faser 5 70 sowie mit den beiden Kontakten 90 und 100 so wenig Klebstoff wie möglich verwendet werden. Um dies zu ermöglichen, weist die Ferule 220 ein Passierloch 230 (bzw. Passung) auf, dessen Innendurchmesser möglichst gut mit dem Außendurchmesser der Faser 70 übereinstimmt, so dass zwischen 10 der Faser 70 und der Ferule 220 möglichst wenig Platz für Klebstoff verbleibt. Auch die Klebeflächen zwischen der Ferule 220 und den beiden Kontakten 90 und 100 sollten aus thermischen Gründen möglichst klein und dünn ausgeführt sein.

15 Die Ferule 220 kann vor oder nach dem Justieren der Faser 70 auf diese aufgeschoben werden. Falls die Ferule 220 vor dem Justieren und Befestigen der Faser 70 an dem Bauelement 20 auf die Faser 70 aufgeschoben wird, sollte die Ferule 220 derart platziert werden, dass sie sich außerhalb des durch 20 die Stirnfläche 60 und den Haltepunkt 110 begrenzten Schwenkbereichs SB der Faser 70 befindet.

Alternativ kann die Ferule 220 auch auf die Faser 70 aufgeschoben werden, nachdem diese an dem Bauelement 20 25 befestigt ist. In einem solchen Fall wird die Ferule 220 an dem der Stirnseite 60 gegenüberliegenden Ende der Faser 70 aufgesteckt.

Im Rahmen der Vor- bzw. Grobjustage wird die Faser 70 nur 30 sehr grob mit einer Genauigkeit von lediglich ca.  $\pm 10 \mu\text{m}$  vorjustiert. Die Stirnseite 60 der Faser 70 weist dabei einen Abstand von ca. 2 bis 20 mm zum Bauelement 20 auf. Da die Faser im Haltepunkt 110 schwenkbar gehalten wird, kann die Stirnseite 60 frei schwenken, also „hin und her pendeln“.

35

Anschließend wird die Faser 70 in Berührung mit dem Kleber 200 und dem Bauelement 20 gebracht, indem die Faser 70

entgegen der in der Figur 1 eingezeichneten z-Richtung nach unten und damit in Richtung Bauelement 20 gefahren bzw. gebracht wird; dadurch kommt es zu einer selbsttätigen Selbstzentrierung der Faser 70 innerhalb weniger 5 Millisekunden. Die Geschwindigkeit der Selbstzentrierung hängt von der Viskosität des Klebers 200 ab. Die Selbstzentrierung wird durch die Oberflächenspannung des Klebers 200 und/oder durch die Kapillarwirkung des Klebers 200 bewirkt, weil der Kleber 200 sowie die Stirnseite 60 der 10 Faser 70 in x- und y-Richtung relativ zur Oberseite 30 des Substrats 40 beweglich sind.

Die Justagegenauigkeit zwischen dem Faserkern 210 der Faser 70 sowie der aktiven Zone 50 des Bauelements 50 beträgt ca. 15  $\pm 0,5 \mu\text{m}$  bis  $\pm 1,0 \mu\text{m}$  und reicht damit auch für eine Justage von Singlemode-Fasern aus. Bei der Faser 70 kann es sich also um eine Multimode-Faser oder um eine Singlemode-Faser handeln; das beschriebene Verfahren ist für beide Fasertypen geeignet.

20 Vorzugsweise ist der Durchmesser der vorstehenden Struktur 80 mit dem Außendurchmesser der optischen Faser 70 identisch, um eine optimale Selbstjustage zu ermöglichen.

25 Um nach der Selbstjustage der Faser 70 relativ zum Bauelement 20 ein Verrutschen der Faser zu vermeiden, wird der Kleber 200 nach erfolgter Feinjustage ausgehärtet. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Kleber 200 um UV-härtbaren oder thermisch härtbaren Kleber. Anschließend wird die Ferule 220 30 in der beschriebenen Weise am Gehäuse und an der Faser angebracht, so dass eine Zugentlastung für die Faser 70 gebildet wird.

Das der Stirnseite 60 abgewandte Ende 250 der Faser 70 kann 35 in entsprechender Weise mit einem weiteren, in der Figur 1 nicht dargestellten Bauelement verbunden werden. In einem solchen Fall wird eine stecker- und buchsenfreie Verbindung

zwischen den beiden Bauelementen erreicht. Eine solche optische Verbindung ist insbesondere bei kurzen Transmitter- und Receivereinheiten, beispielsweise im Inneren von Computeranlagen, vorteilhaft.

5

- Alternativ kann an dem Ende 250 der Faser 70 auch ein Stecker, eine Buchse bzw. ein Receptacle angeordnet werden, um einen Anschluss an andere optische Wellenleiter oder an andere optische Bauelemente zu ermöglichen. Alternativ kann 10 auch ein Faser-Pigtail vorgesehen sein.

- In der Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel für eine Anordnung gezeigt, mit der sich das opto-elektronische Modul 10 gemäß Figur 1 herstellen lässt. Man erkennt eine Grundplatte 280, 15 auf der das Substrat 40 mit dem Bauelement 20 angeordnet ist. Über dem Substrat 20 ist die Faser 70 an dem Haltepunkt 110 aufgehängt, was durch ein Halteelement 290 bewirkt wird. Das Halteelement 290 ist derart ausgestaltet, dass mit diesem eine Grobjustage der Faser 70 relativ zum Bauelement 20 20 möglich ist. Zu erreichen sind Justagegenauigkeiten von etwa +/- 10 µm in x-y-Richtung und einigen Millimetern in z-Richtung.

- Nach erfolgter Grobjustage richtet sich die Stirnseite 60 der 25 Faser 70 relativ zum Bauelement 20 - wie oben beschrieben - selbsttätig aus. Der aufgrund der Schwenkbewegung entlang der Schwenkrichtung P möglicherweise entstehende Winkelfehler zwischen der Längsachse des Faserkerns 210 und der Flächennormalen der aktiven Zone 50 des Bauelements 20 30 beträgt weniger als ca. 1 Grad, so dass dieser Winkelfehler unproblematisch ist.

- Anhand der Figuren 3 bis 6 wird nun ein zweites Ausführungsbeispiel für ein opto-elektronisches Modul 35 erläutert. In diesem Zusammenhang wird beispielhaft auch das Verfahren zum Koppeln eines opto-elektronischen Bauelements mit einer optischen Faser nochmals im Detail gezeigt.. Dabei

werden für Komponenten, die bereits im Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 erläutert wurden, weiterhin die bereits im Zusammenhang mit diesen Figuren eingeführten Bezugszeichen verwendet.

5

- In der Figur 3 erkennt man ein opto-elektronisches Modul 10 mit einem Träger 300, auf dessen Vorderseite 310 Leiterbahnen 320 und 330 angeordnet sind. Die Leiterbahnen 320 und 330 stehen mit Anschlüssen 340 und 350 eines auf einer Oberseite 10 30 eines Substrats 40 angeordneten Bauelements 20 in Verbindung. Die Anschlüsse 340 und 350 sowie die Leiterbahnen 320 und 330 ermöglichen eine elektrische Verbindung des Bauelements 20 mit externen Anschlusspins 400 und 410 des Moduls 10.

15

Wie sich in der Figur 3 erkennen lässt, ist zwischen der Mitte eines Faserkerns 210 einer Faser 70 und der aktiven Zone 50 des Bauelements 20 ein Versatz  $\Delta x$  vorhanden.

20

Dieser Versatz  $\Delta x$  entsteht im Rahmen der Grobjustage der Faser 70 über der optisch aktiven Zone 50 des Bauelements 20. Um die Justage der Faser 70 zu ermöglichen, weist der Träger 300 ein Durchgangsloch 420 auf, durch das die Faser 70 hindurchgeführt wird. Die optisch aktive Zone 50 des Bauelements 20 ist dem Durchgangsloch 420 zugewandt, um eine Justage der Stirnseite 60 der Faser 70 über der aktiven Zone 50 zu ermöglichen.

25

In der Figur 4 ist die Anordnung der Faser 70 und des Bauelements 20 nach erfolgter Grobjustage nochmals im Detail gezeigt. Insbesondere lässt sich in der Figur 4 gut erkennen, dass der Träger 300 an einem Gehäuse 430 des Moduls 10 mittels zweier Klebestellen 440 verklebt ist.

30

Bei dem Gehäuse 430 kann es sich beispielsweise um ein TSSOP-Package handeln.

In der Figur 5 ist die Anordnung der Faser 70 relativ zum Bauelement 20 nach erfolgter Selbstzentrierung der Stirnseite 60 der Faser 70 gezeigt. Man erkennt, dass der Faserkern 210 mittig über der aktiven Zone 50 des Bauelements 20 angeordnet 5 ist. Der Versatz  $\Delta x$  ist kleiner als +/- 1,5  $\mu\text{m}$ .

Darüber hinaus erkennt man, dass die Größe des Durchgangslochs 420 gerade so groß gewählt ist, dass die Faser 70 hindurchgeschoben und justiert werden kann. Die 10 Anschlüsse 340 und 350 des Bauelements 20 sind derart angeordnet, dass sie mit den Leiterbahnen 320 und 330 im Bereich des Trägers 300 in Verbindung stehen: Dies bedeutet, dass die Leiterbahnen 320 und 330 im Kontaktbereich mit den Anschlüssen 340 und 350 auf dem Träger 300 fest anliegen.

15 Im Zusammenhang mit den Figuren 3 bis 6 ist erkennbar, dass das Bauelement 20 zunächst auf dem Träger 300 und damit im Gehäuse 430 befestigt und elektrisch kontaktiert wird, bevor es zu einer Justage der Faser 70 relativ zu dem befestigten 20 und kontaktierten Bauelement 20 kommt. Justiert wird also die Stirnseite 60 der Faser 70 relativ zu dem bereits montierten und kontaktierten Bauelement 20. Dies ermöglicht es beispielsweise, unmittelbar nach erfolgter Selbstzentrierung der Faser 70 das Bauelement 20 in Betrieb zu nehmen und die 25 Qualität bzw. die Justagegenauigkeit der Faser zu überprüfen.

Nach erfolgter Feinjustage der Faser 70 relativ zum Bauelement 20 wird der zwischen der Stirnseite 60 und dem Bauelement 20 vorhandene Kleber 200 ausgehärtet, 30 beispielsweise durch Bestrahlen mit UV-Licht oder durch Erwärmen. Anschließend wird eine Zugentlastungseinrichtung in Form einer Ferule sowohl mit der Faser 70 als auch mit dem Gehäuse 430 verklebt. Dabei wird so wenig Klebstoff wie möglich verwendet, um mechanische Verspannungen im Falle von 35 Temperaturänderungen zu vermeiden.

In der Figur 7 ist ein drittes Ausführungsbeispiel für ein

- opto-elektronisches Modul gezeigt. Bei diesem opto-elektronischen Modul ist die Größe (Durchmesser D) des Durchgangslochs 420 derart groß gewählt, dass die Anschlüsse 340 und 350 des Bauelements 20 im Innenbereich des
- 5 Durchgangslochs 420 liegen. Der Abstand d der Anschlüsse des Bauelements 20 ist also kleiner als der Durchmesser D. Im Beispieldfall gemäß der Figur 7 ist sogar die Größe des Substrats 40 kleiner als der Durchmesser D des Durchgangslochs 420.
- 10 Um dennoch eine elektrische Verbindung zwischen den Anschlässen 340 und 350 des Bauelements 20 und den Leiterbahnen 320 und 330 zu ermöglichen, ragen die Leiterbahnen 320 und 330 in den Bereich des Durchgangslochs 420 hinein, also ohne auf dem Träger 300 unmittelbar aufzuliegen. Die Leiterbahnen 320 und 330 sind also auf dem Träger 300 nur außerhalb des Durchgangslochs 420 befestigt, im Inneren des Durchgangslochs 420 stehen sie über den Träger 300 hinaus.
- 15 Vorzugsweise werden zunächst die Leiterbahnen 320 und 330 auf dem Träger 300 aufgebracht; anschließend wird das Bauelement 20 mit den Leiterbahnen 320 und 330 kontaktiert. Erst danach wird das Durchgangsloch 420 beispielsweise geätzt. In dieser Weise wird sichergestellt, dass die Leiterbahnen 320 und 330 beim Kontaktieren mit dem Bauelement 20 nicht abbrechen können, da sie zum Zeitpunkt des Kontaktierens vollständig auf dem noch „durchgangslochfreien“ Träger 300 aufliegen.
- 20 Die Befestigung des Bauelements 20 und damit des Substrates 40 an dem Träger 300 wird somit ausschließlich durch die Leiterbahnen 320 und 330 bewirkt, so dass die Verbindung zwischen dem Bauelement 20 und dem Träger 300 nur mittelbar ist. Aufgrund dieser mittelbaren Verbindung zwischen dem Träger 300 und dem Bauelement 20 ist eine gewisse Beweglichkeit des Bauelements 20 in z-Richtung relativ zum Träger 300 und damit relativ zur Faser 70 möglich. Diese
- 25
- 30
- 35

gewisse Flexibilität aufgrund der „Aufhängung“ des Bauelements auf den Leiterbahnen 320 und 330 führt dazu, dass eventuell auftretende thermische Spannungen zwischen der Faser 70 und dem Bauelement 20 ausgeglichen werden können.

5

Im Gegensatz zu der „starren“ Befestigung des Bauelements 20 auf dem Träger 300 gemäß den Figuren 3 bis 6 handelt es sich somit bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der Figur 7 um eine „flexible“ Befestigung des Bauelements 20 auf dem Träger 300 durch „Aufhängung“ an Leiterbahnen.

In der Figur 8 ist ein vierter Ausführungsbeispiel für ein opto-elektronisches Modul 10 gezeigt. Das Modul 10 weist ein Gehäuse 430 in Form eines TO-Package auf. In dem Gehäuse 430 ist ein Träger 600 vorgesehen, auf dem ein Substrat 40 mit seiner Rückseite 610 angeordnet ist. Die Vorderseite 30 des Substrats 40 und damit das Bauelement 20 sind einer Faser 70 zugewandt. Die Faser 70 ist durch eine Gehäuseöffnung 615 des Gehäuses 430 hindurchgeführt. Der Faser 70 ist eine Zugentlastungseinrichtung in Form einer Ferule 220 zugeordnet, die mit dem Gehäuse 430 sowie mit der Faser 70 verklebt ist.

Im Übrigen erkennt man in der Figur 8 Bonddrähte 620 und 630 mit denen die Anschlüsse 340 und 350 des Bauelements 20 kontaktiert werden. Die Bonddrähte 620 und 630 stehen mit externen Anschlusspins 640 und 650 des Moduls 10 in Verbindung.

## Bezugszeichenliste

10	Opto-elektronisches Modul
20	Opto-elektronisches Bauelement
30	Oberseite eines Substrats
40	Substrat des Bauelements
50	Aktive Zone des Bauelements
60	Stirnseite einer Faser
70	Optische Faser
80	Rotationssymmetrische, vorstehende Struktur
90, 100	Kontakte eines Gehäuses
110	Haltepunkt
200	Kleber
210	Faserkern
220	Ferule
230	Passierloch
250	Abgewandtes Ende der Faser
280	Grundplatte
290	Haltelelement
300	Träger
310	Vorderseite des Trägers
320, 330	Leiterbahnen
340, 350	Kontakte
400, 410	Externe Anschlusspins
420	Durchgangsloch
430	Gehäuse
440	Klebestellen
600	Träger
610	Rückseite des Substrats
615	Gehäuseöffnung
620, 630	Bonddrähte
640, 650	Externe Anschlusspins
S	Schwenkrichtung
SB	Schwenkbereich der Faser

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Koppeln eines oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelements mit einer Stirnfläche einer optischen Faser, bei dem
  - die Faser an einem in einem vorgegebenen Abstand zur Stirnfläche angeordneten Haltepunkt derart gehalten wird, dass die Stirnfläche eine Schwenkbewegung um den Haltepunkt vollführen kann, und
  - im Rahmen einer Grobjustage die Stirnfläche der Faser und das Bauelement einander derart angenähert werden, dass nachfolgend eine Feinjustage zwischen dem Bauelement und der Faser im Rahmen einer selbstdärtigen Selbstzentrierung durch Schwenken der Faser um den Haltepunkt erfolgt.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - das Bauelement eine vorstehende Struktur aufweist, die rotationssymmetrisch zur optisch aktiven Zone des Bauelementes angeordnet ist,
  - die Stirnfläche der Faser und/oder die vorstehende Struktur des Bauelements mit einem transparenten Kleber benetzt wird und
  - das Bauelement und die Faser derart angenähert werden, dass sich der Kleber zwischen der Stirnfläche der Faser und der vorstehenden Struktur ausbreitet, wodurch die Selbstzentrierung der Faser relativ zum Bauelement hervorgerufen wird.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Selbstzentrieren eine Aushärtung des Klebers zur Fixierung der zentrierten Anordnung zwischen der Faser und dem vorstehenden Abschnitt herbeigeführt wird.
- 35 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement in einem Gehäuse

befestigt wird und erst anschließend die Grobjustage der Stirnfläche der Faser relativ zu dem im Gehäuse befestigten Bauelement erfolgt.

- 5 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement nach dem Befestigen im Gehäuse kontaktiert wird und die Grobjustage der Stirnfläche der Faser relativ zu dem im Gehäuse befestigten und kontaktierten Bauelement erfolgt.

10

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zugentlastungseinrichtung an einem das Bauelement aufnehmenden Gehäuse und an der Faser angebracht wird.

15

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Zugentlastungseinrichtung eine Ferule am Gehäuse und an der Faser befestigt wird.

20

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ferule vor der Grobjustage auf die Faser aufgeschoben wird.

25

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Ferule in einen Bereich der Faser geschoben wird, der außerhalb des durch die Stirnfläche der Faser und den Haltepunkt begrenzten Schwenkbereichs der Faser liegt.

30

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ferule an dem der selbstjustierenden Stirnseite abgewandten Ende der Faser auf die Faser aufgeschoben wird, nachdem die Selbstzentrierung der Faser relativ zum Bauelement erfolgt ist und die Faser am Bauelement fixiert worden ist.

35

11. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ferule sowohl mit der Faser als auch mit dem Gehäuse verklebt wird.

5 12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Fixieren der Faser an dem Bauelement an dem der Stirnfläche abgewandten Ende der Faser eine Koppeleinrichtung angebracht oder gebildet wird.

10 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Koppeleinrichtung durch ein Recepticel oder ein Faser-Pigtail gebildet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch  
15 gekennzeichnet, dass  
- in einem Träger des Gehäuses ein Durchgangsloch  
hergestellt wird,  
- das Bauelement auf einer Seite des Trägers derart  
befestigt wird, dass die optisch aktive Zone des  
20 Bauelements dem Durchgangsloch zugewandt ist, und  
- die Faser durch das Durchgangsloch hindurchgeführt sowie  
die Grobjustage durchgeführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch  
25 gekennzeichnet, dass  
- die elektrischen Anschlüsse des Bauelements mit auf dem  
Träger vorhandenen Leiterbahnen elektrisch verbunden  
werden,  
- wobei die elektrischen Anschlüsse im Bereich des  
30 Durchgangslochs liegen und die Leiterbahnen in den Bereich  
des Durchgangslochs hineinragen.

16. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch  
gekennzeichnet, dass der Durchmesser der vorstehenden  
35 Struktur genauso groß wie der Durchmesser der Faser gewählt  
wird.

17. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage der vorstehenden Struktur und die Lage der optisch aktiven Zone des Bauelements im Rahmen ein und desselben Lithografieschritts  
5 festgelegt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als oberflächenorientiertes opto-elektronisches Bauelement eine VCSEL-Laserdiode, eine LED  
10 oder eine Fotodiode mit der Faser gekoppelt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der beschriebenen Weise ein Bauelement mit einem Ende der Faser und ein weiteres  
15 Bauelement mit dem anderen Ende der Faser verbunden wird.

20. Vorrichtung zum Koppeln eines oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelements mit einer optischen Faser,  
- mit einer Grundplatte zum Halten des Bauelements und  
20 - mit einem in einem vorgegebenen Abstand zur Grundplatte angeordneten Halteelement,  
- wobei das Halteelement zum Halten der Faser dient und eine schwenkbare Bewegung der Faser in einem durch die Stirnfläche der Faser und den Haltepunkt begrenzten  
25 Schwenkbereich der Faser über der Grundplatte ermöglicht.

21. Opto-elektronisches Modul mit einem oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelement, mit einer optischen Faser und mit einem Gehäuse, wobei  
30 - das Gehäuse einen Träger mit einem Durchgangsloch aufweist,  
- das Bauelement auf einer Seite des Trägers derart befestigt ist, dass die aktive Zone des Bauelements dem Durchgangsloch zugewandt ist,  
35 - die Faser durch das Durchgangsloch hindurchgeführt und das Bauelement und die Faser gekoppelt sind,

- elektrische Anschlüsse des Bauelements mit auf dem Träger vorhandenen Leiterbahnen elektrisch verbunden sind,
  - die elektrischen Anschlüsse des Bauelements im Bereich des Durchgangslochs liegen und die Leiterbahnen in den Bereich des Durchgangslochs unter Bildung einer Aufhängung für das Bauelement hineinragen.
- 5

Zusammenfassung

Verfahren zum Koppeln eines oberflächenorientierten opto-elektronischen Bauelements mit einer optischen Faser

5

Erfnungsgemäß ist ein Verfahren vorgesehen, bei dem eine Faser an einem in einem vorgegebenen Abstand zur Stirnfläche angeordneten Haltepunkt derart gehalten wird, dass die Stirnfläche eine Schwenkbewegung um den Haltepunkt vollführen

10 kann. Im Rahmen einer Grobjustage werden die Stirnfläche der Faser und ein Bauelement einander derart angenähert, dass nachfolgend eine Feinjustage zwischen dem Bauelement und der Faser im Rahmen einer selbsttätigen Selbstzentrierung durch Schwenken der Faser um den Haltepunkt erfolgt.

15

Fig. 1